

都市における大気への熱流に関する研究 (その3)

—GISを用いた都市の熱流予測—

久保田 孝 幸 小 宮 英 孝
宮 川 保 之

Research on Heat Fluxes to the Atmosphere in Urban Areas (Part 3)

—Estimation of Heat Fluxes in Urban and Rural Areas Using Geographic Information System—

Takayuki Kubota Hidetaka Komiya
Yasuyuki Miyagawa

Abstract

Thermal environments in the Tokyo area in the daytime and at night in summer were estimated in this study. As the first step the heat flux distribution pattern was estimated using the data base of heat fluxes for various land uses obtained in the previous works of the authors and the land use pattern obtained by the Geographic Information System (G. I. S.). These heat fluxes include the average values of anthropogenic heat from houses, offices, and cars. However, there are facilities which produce much exhaust heat in the restricted area, such as thermal power stations, garbage incinerators, and factories. Hence, these anthropogenic heat sources were investigated and added to the abovementioned heat fluxes, and then the final heat flux distribution patterns at present in Tokyo were obtained.

In the next step, the heat flux distribution patterns in an extended development case and an environment-conscious development case during a period of ten years were predicted and compared. In the extended development case energy consumption will be increased 20% and green area decreased 20%. And in the environment-conscious case energy consumption will be decreased 20% and green area increased 20%. As a result, it was determined that the energy consumption and green areas play important roles from the viewpoint of outside thermal environment.

概 要

既報(その1, 2)においてとらえた土地利用形態別の熱流データをもとに, 地理情報システム(GIS)を活用し, 東京湾岸域の熱環境予測を行った。具体的には, まず実測解析により構築した土地利用形態別の熱流に関するデータベースと国土地理院が発行している国土数値情報の土地利用形態の分布を組合せて, 東京湾岸域における土地利用による熱流を求めた。さらに, 火力発電所・ごみ焼却場などからの主要人工排熱をたし合せて, 夏季における昼と夜の熱流分布を求めた。この結果, 現状の夏季における東京湾岸域の熱環境を熱流の面からとらえる事ができた。また, 今後の開発計画による将来予測として, 現状の延長線上のものと, 屋上緑化を含む緑・水を活かした土地利用の推進ならびに建物・工場などの省エネルギー化を計った場合を比較検討し, 都心区部を中心とした後者による改善効果を示した。

1. はじめに

都市では緑地が少ないために自然界とは異なる顕熱・潜熱の熱収支が存在し, 郊外に比べて大気中に放散される顕熱量が多い。また, 各種都市活動に伴うエネルギー消費は最終的に排熱の形で放散される。このため都市を覆う大気は暖められ, いわゆるヒートアイランドを形成する。この現象は地球温暖化問題とはスケールが異なるが, 緑や水のネットワーク化やエネルギーの有効利用により解決すべき重要な環境問題である。

本研究は, まず, 既報(その1, 2)^{1),2)}における測定によって得られた土地利用形態別の熱流に関するデータベ

ースと, 建設省国土地理院において, 国土情報整備事業の一環として作成された国土数値情報の土地利用形態の分布のデータとを組合せて, 東京湾岸域において土地利用による熱流を求めた。

次に, 主要な人工排熱量を推測するため, 各種統計資料などから, 火力発電所・ごみ焼却場・下水汚泥焼却場などの東京湾岸域における分布と排出する熱量を調査した。この結果を土地利用による熱流とたしあわせることにより夏季における昼と夜の熱流分布を求めた。

なお対象とした範囲は東京湾岸域の北緯35度15分~35度55分, 東経139度30分~140度15分である(図-1)。

2. 利用データの概要

2.1 土地利用形態別熱流算出式

土地利用形態を、市街地、住宅地、農地、林地、水域の5分類し、既報（その1、2）で得られた土地利用形態と熱流との関係を表-1に示す。

2.2 東京湾岸域の土地利用状況

東京湾岸域の土地利用状況としては、国土地理院の国土数値情報の1/10細分区画土地利用データ（ks-202-1）を用いた。この中では土地利用形態が15分類されているので、上記の5分類と合うように表-2のように統合した。

本研究の対象範囲は、経度差45秒、緯度差30秒（約1 km×1 km）のメッシュで表わすと縦横80×60メッシュとなる。このメッシュ1個が、さらに縦横10等分され土地利用分類がなされている。それぞれのメッシュ内において最多の土地利用形態を採用した東京湾岸域の土地利用状況を図-2に示す。

2.3 東京湾岸域の人工排熱

2.1で求めた市街地、住宅地における土地利用形態別の熱流には、平均的な人工排熱量が含まれているが、都市には、部分的に多量の熱を大気へ放出している施設がある。そのため、平成5年度電力需給の概要（通商産業省資源エネルギー庁公益事業部）、平成3年度下水道統計行政編（（社）日本下水道協会）、平成5廃棄物処理事業・施設年報（厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課）などの各種資料から東京湾岸域における主要な人工排熱施設を調査し、その排熱量を求めた。

対象施設として、火力発電所、エネルギー多消費型産業の鉄鋼、化学、製紙、窯業等の工場、下水汚泥焼却場、ゴミ焼却場を調査した。しかし、工場ごとのエネルギー消費量を推測ができなかったため、本研究では電気事業法による特定供給許可を受けている自家発電施設だけを対象に含めた。各施設からの排熱量は、表-3に示す方法により推測した。

また、主要な排熱施設の位置を図-3に示す。

表-2 土地利用分類

本研究における分類	国土数値情報における分類
市街地	7建物用地（A）、9幹線交通用地、10その他の用地
住宅地	8建物用地（B）
農地	1田、2畑、3果樹園、4その他の樹木畑
林地	5森林、6荒地
水域	11湖沼、12河川地（A）、13河川地（B）、14海浜、15海水域

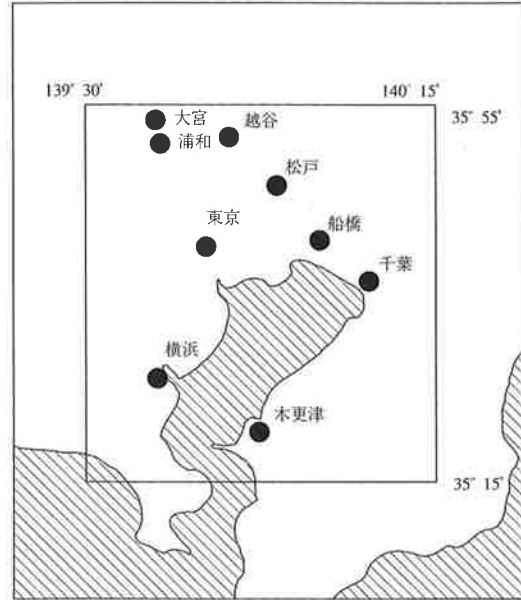


図-1 研究対象範囲

表-1 土地利用形態別熱流値

土地利用	顕熱流
市街地	$qh = 0.35Rn + 60$
住宅地	$qh = 0.35Rn$
農地	$qh = 0.2Rn$
林地	$qh = 0.1Rn$
水域	$qh = 0.05Rn$

純放射量 Rn : 昼 $Rn = 600 \text{ W/m}^2$
夜 $Rn = -50 \text{ W/m}^2$

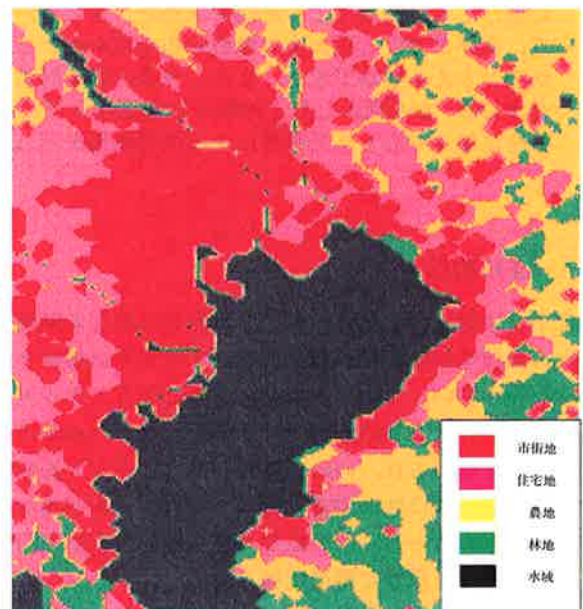


図-2 東京湾岸域の土地利用状況

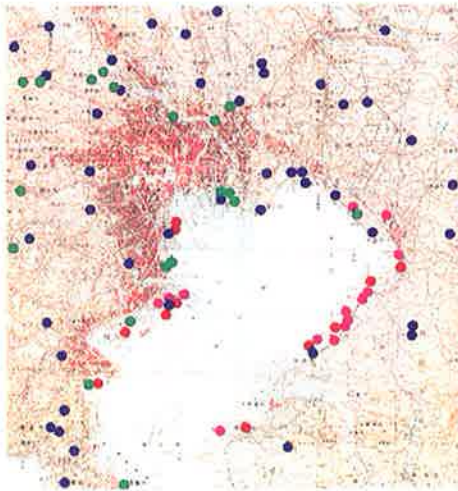


図-3 排熱施設の分布

表-3 排熱量の算定式

排熱施設	排熱量算定式
火力発電所	年間電力量×(1-熱効率)/熱効率÷(365×24)×夏季電力*1/平均電力
自家発電施設	自家発電電量×(1-熱効率*2)/熱効率
下水汚泥焼却場	投入ケーキ年総量×投入ケーキ発熱量÷(365×24)
ごみ焼却場	年間処理量×低位発熱量*3÷(365×24)

*1 夏季電力は東京電力の平成5年8月24日の夜は5時2,156万kW, 昼は15時5,020万kWを入力
 *2 火力発電所の熱効率の平均値, 35.56%を入力
 *3 1980年東京23区の平均値 1,865 kcal/kgを入力

資料

火力発電所, 自家発電施設:
 平成5年度電力需給の概要, 通商産業省資源エネルギー庁公益事業部
 下水汚泥焼却場:
 平成3年度下水道統計行改編, (社)日本下水道協会
 ごみ焼却場:
 平成5廃棄物処理事業・施設年報, 厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課

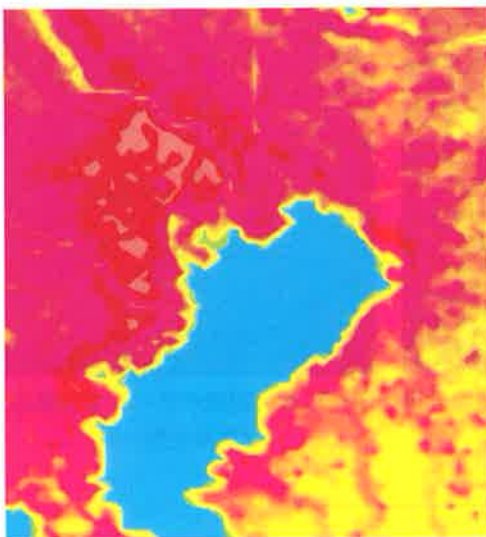


図-4. a 土地利用による熱流予測 (夏季日中)

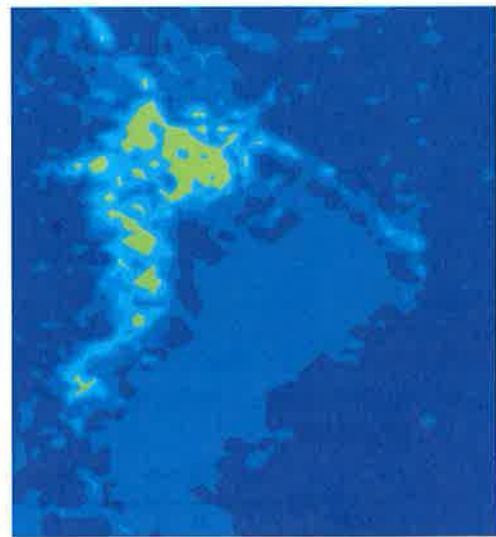


図-4. b 土地利用による熱流予測 (夏季夜間)

3. 都市の熱流予測結果

3.1 土地利用による熱流分布

東京湾岸域の各メッシュをさらに縦横10分割した部分ごとの熱流値を土地利用形態から求め、各メッシュごとに平均化することにより、東京湾岸域の夏季日中と夜間における熱流分布を求めた(図-4. a, b)。

3.2 人工排熱を加えた熱流分布

3.1による土地利用による熱流分布に、東京湾岸域の主要人工排熱を加え、最終的な東京湾岸域の夏季日中と夜間における熱流分布を求めた(図-5. a, b)。土地利用のみによる熱流に比べ、人工排熱施設は排熱量が非常に大きく、東京湾岸に集中している様子が顕著である。

3.3 開発に伴う熱流分布予測

環境白書などによると土地利用の変化は、一般に年2

～3%の割合で農地や林地が住宅地に転換すると共に、エネルギー消費も年2%づつ増加していると言われてい。そこで、10年後の熱流予測として、現状のベースで土地利用の転換やエネルギーの消費が増加した場合(開発パターン1)と、屋上緑化、建築物の高層化による空地の確保、省エネルギー対策などが施された開発により、逆に緑地などが年2%増加し、人工排熱が年2%で減少した場合(開発パターン2)において、10年後の熱流予測を行った(図-6. a, b, 図-7. a, b)。各開発パターンの仮定の詳細を表-4に示す。

開発パターン2においては、都心部の夜間における熱環境の改善が顕著に現われており、都心における緑化の推進や省エネなどによる排熱量の抑制がヒートアイランドの改善に効果があると推測される。

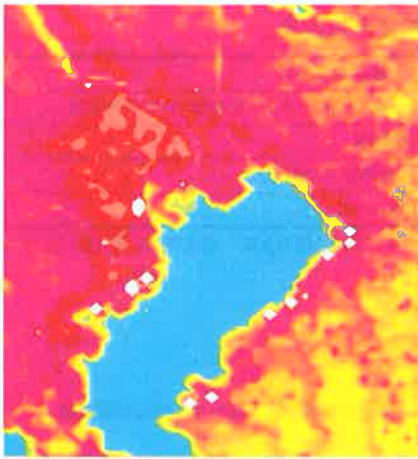


図-5. a 人工排熱を加えた熱流予測 (夏季日中)

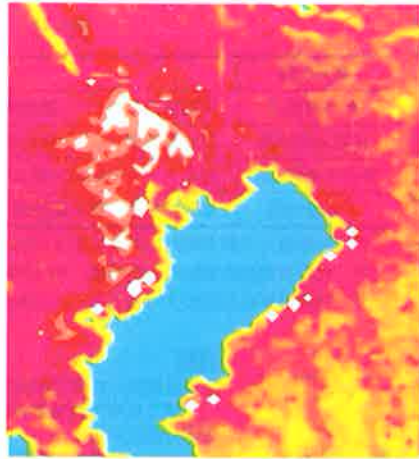


図-6. a 開発パターン1の熱流予測 (夏季日中)

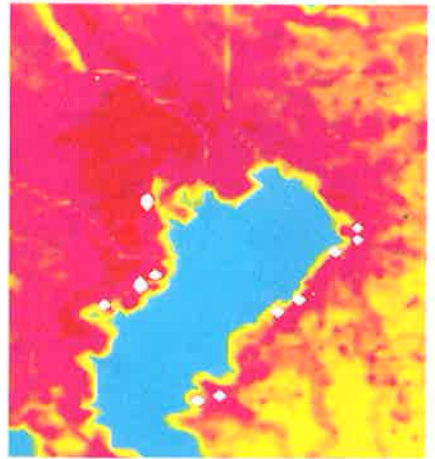


図-7. a 開発パターン2の熱流予測 (夏季日中)

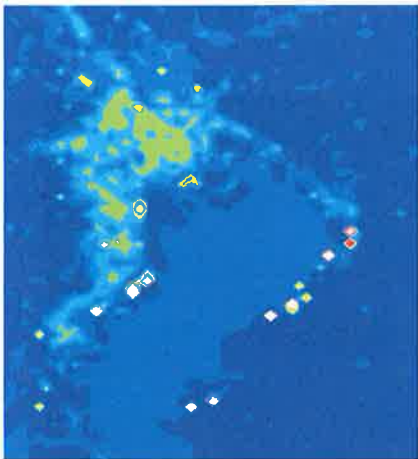


図-5. b 人工排熱を加えた熱流予測 (夏季夜間)

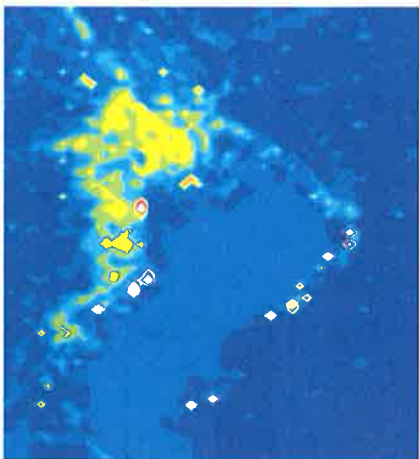


図-6. b 開発パターン1の熱流予測 (夏季夜間)

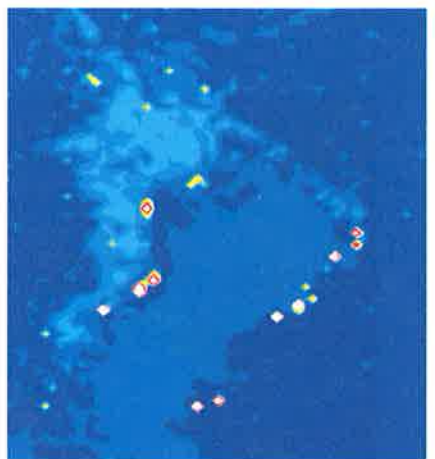


図-7. b 開発パターン2の熱流予測 (夏季夜間)

表-4 10年後の予測において用いた仮定

土地利用	現 状	開発パターン1	開発パターン2
市街地	$qh=0.35Rn+60$	$qh=0.35Rn+72$	$qh=0.35Rn+48$
住宅地	$qh=0.35Rn$	変化なし	20%が農地に変更
農 地	$qh=0.2Rn$	20%が住宅地に変更	変化なし
林 地	$qh=0.1Rn$	20%が農地に変更	変化なし
水 域	$qh=0.05Rn$	変化なし	変化なし
排熱施設	表-3による	排熱量20%増加	排熱量20%減少

純放射量 Rn : 昼 $Rn=600 \text{ W/m}^2$
夜 $Rn=-50 \text{ W/m}^2$

4. まとめ

本研究では土地利用形態に関する地理情報と土地利用形態別の熱流の実測値から都市の熱流分布を予測するシステムを作成した。これを用いて、人工排熱がある場合の熱流および、開発状況が異なる場合の10年後の熱流を予測してみた。その結果、このシステムは都市再開発などによる都市緑化や、空地や親水空間の配置を進めた場合や、住宅や工場などで省エネルギー対策をとった場合などの、都市の熱流評価において有効であることがわかった。さらに、今後はこれらの熱流を境界条件として、

大気拡散シミュレーションを行い、都市大気の大気熱環境予測を行う予定である。但し、都市再開発における、より狭い範囲の熱環境評価においては、さらに細かいメッシュデータが必要となる。また、現状では地理情報はデータの更新が数年ごとにしか行われないので、経年変化をみる場合にはリモートセンシングなどを組み合わせることも必要であろう。

参考文献

- 1) 小宮, 他: 都市における大気への熱流に関する研究 (その1), 大林組技術研究所報, No. 48, p. 115~120, (1994)
- 2) 同上: 同題 (その2), 同, No. 50, p. 87~90, (1995)